فصلنامه علمی- ترویجی پدافند غیرعامل
سال نهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، (پیاپی ۳۵): صص ۵۴-۴۷

# آشکارسازی دانش مبنای ساختمان‌ها با ادغام تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های لیزری

**علیرضا عرب سعیدی[۱]، عباس مالیان[۲*]**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰

## چکیده

یکی از مطالعات کاربردی در زمینه تحلیل‌های شیئ مبنا، استخراج عوارض شهری است. ساختمان‌ها از مهم‌ترین عوارض شهری در نقشه‌های بزرگ مقیاس می‌باشند، لذا فرآیند شناسایی و استخراج این عوارض به ویژه در فرآیندهای مکان مبنای مرتبط با پدافند غیرعامل از اهمیت بالایی برخوردار است. به دلیل تنوع خصوصیات طیفی و هندسی این دسته از عوارض، شناسایی آن‌ها در مناطق مطالعاتی مختلف، با مشکلاتی همراه است. در این پژوهش با استفاده از تحلیل شیئ مبنا و ویژگی‌های استخراج‌شده از داده‌های لیزری و عکس های هوایی به شناسایی ساختمان‌های با سقف شیب‌دار پرداخته می‌شود. در گام نخست پس از فرآیند بخش‌بندی، جداسازی عوارض مرتفع و غیرمرتفع با استفاده از لایه شیب و جهت شیب انجام می‌شود. در گام بعدی با استخراج ویژگی‌های هندسی و مفهومی، تفکیک درختان و ساختمان‌ها از یکدیگر انجام می‌گردد. در گام پایانی بازسازی ساختمان‌های از دست‌رفته، توسط عملگرهای ریخت‌شناسی صورت می‌پذیرد. تلفیق دو دسته داده ورودی در سطح تصمیم‌گیری منجر به بهره‌مندی از مزایای ویژگی‌های هر دو داده می‌شود و هرکدام از آن‌ها می‌تواند مشکلات و کاستی‌های دیگری را پوشش دهد. در روش پیشنهادی، یک راهبرد قاعده مبنا مبتنی بر تولید ویژگی‌های هندسی و مفهومی و استفاده از شیوه چند مرحله‌ای در نظر گرفته شده است. سرانجام دقت کلی شناسایی رده ساختمان، ۸۷٪ و ضریب کاپا ۰/۸۱ به‌دست آمد. نتایج، نشان‌دهنده قابلیت بالای روش‌های شیئ مبنا در شناسایی عوارض شهری نظیر ساختمان‌ها با تلفیق داده‌های لایدار و عکس‌های هوایی با وجود تنوع شکل در محیط‌های شهری می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** شناسایی ساختمان، عکس هوایی، لایدار، ویژگی‌های هندسی و مفهومی، تحلیل شیئ مبنا

---

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
۲- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، a.malian@sru.ac.ir ، نویسنده مسؤول

## ۱- مقدمه

شناسایی عوارض شهری در زمینه هایی همچون پدافند غیرعامل، برنامه‌ریزی های مکان مبنا، آمادگی در برابر مخاطرات طبیعی نظیر سیل و زلزله و یا حوادث غیرمترقبه مانند آتش‌سوزی دارای اهمیت و مورد تحقیق بسیاری از متخصصان بوده است. دانش دورکاوی به عنوان منبع غنی تولید اطلاعات مکانی و نقشه‌های مناطق شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. تشخیص ساختمان‌های شهری با استفاده از تصاویر هوایی و داده‌های لایدار از موضوعات مهم و پرچالش در تصویرسنجی[1] و سنجش از دور می‌باشد. همچنین، استخراج خودکار این دسته از عوارض کاربردهای مفیدی در زمینه استخراج اطلاعات مکانی و بروزرسانی پایگاه داده را فراهم می‌کند. استفاده از داده‌های لایدار در کنار داده‌های نوری به دلیل ویژگی ارتفاعی ساختمان‌ها موجب افزایش دقت در تشخیص عوارض خواهد شد. به‌طور کلی شناسایی ساختمان در داده‌های تصویری به دو روش مبتنی بر پیکسل[2] و مبتنی بر شیئ[3] انجام می‌شود. در روش پیکسل مبنا، واحد محاسباتی پایه پیکسل است و ارزش‌های عددی تصاویر، مبنای رده‌بندی را تشکیل می‌دهند [۱]. در این روش پیکسل‌های تصویر بر اساس مشخصه‌ای که برای هر پیکسل استخراج می‌شود در رده‌های مرتبط قرار می‌گیرند. در تحلیل شیئ مبنا، بخش‌بندی تصویر از مهم‌ترین مراحل پیاده‌سازی می‌باشد. در این روش، به‌کارگیری بهترین گروه پارامترهای بخش‌بندی شامل عدد مقیاس و وزن ناهمگنی طیفی و شکلی از اهمیت بالایی برخوردار است. این روش به تحلیل اشیاء تصویری می‌پردازد و خصوصیات مکانی و طیفی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. استفاده از پارامترهایی چون شکل، بافت، طیف و نیز اطلاعات مفهومی یکی از نقاط قوت روش شیئ مبنا است [۲].

## ۲- مروری بر تحقیقات پیشین

صمدزادگان و همکاران در سال ۲۰۱۰ به منظور رده‌بندی داده های لایدار ویژگی‌هایی از ماتریس هم رخداد خاکستری را استخراج کردند و به کمک روش ماشین بردار پشتیبان فرآیند رده‌بندی را انجام داده‌اند [۳]. در مقاله مذکور محدوده شهری با دقت بالا به رده‌های ساختمان، درخت و زمین رده‌بندی شده است. Mumtaz و همکاران با استفاده از داده‌های لایدار و تصاویر هوایی به شناسایی ساختمان پرداختند [۴]. روش به‌کار رفته مبتنی بر انتخاب حد آستانه و جداسازی عوارض مرتفع برپایه رده بندی بیشترین شباهت بوده است. در روش پیشنهادی ایشان، ساختمان‌هایی با بام‌های نامتعارف قابل استخراج نبودند. Awrangib و همکاران روشی را به‌منظور استخراج ساختمان با استفاده از داده‌های لایدار و تصاویر چندطیفی ارائه کردند [۵]. در روش پیشنهادی ایشان، به دلیل عدم در نظر گرفتن شیب و جهت شیب در مناطق پیچیده و پرتراکم با شیب زیاد امکان شناسایی صحیح عوارض ساختمانی فراهم نبود. انصاری با استخراج ویژگی از تلفیق داده‌های لایدار و تصویر قائم، رده‌بندی عارضه ساختمان را در دو تحلیل پیکسل مبنا و شیئ مبنا انجام داد تا روشی بهینه برای شناسایی اولیه از عارضه ساختمان به‌دست آورد [۶]. عدم شناسایی مناسب ساختمان‌هایی که در میان درختان انبوه قرار داشتند، از معایب این روش است. الگوریتم‌های رده‌بندی عوارض، در مناطق پیچیده شهری مانند منطقه مورد مطالعه که ساختمان‌ها در میان تراکم درختان و دارای سقف شیروانی هستند، با مشکلاتی همراه است. Zhou و همکاران روشی شیئ مبنا به‌منظور تحلیل و تعیین خصوصیات ساختار منظر شهری در سطح قطعه ملک[4] با استفاده از تصاویر با توان تفکیک بالای هوایی و داده‌های لایدار ارائه دادند [۷]. پایگاه داده مکانی دیگری شامل خصوصیات مرز قطعه ملک‌ها و پای ساختمان‌ها برای تسهیل بخش‌بندی و به‌دست آوردن دقت بالاتر در رده‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. نقطه قوت این بررسی توانایی داده لایدار در متمایز ساختن رده درختان و بوته و استفاده از پایگاه داده کمکی برای تمایز راه از پیاده‌رو است [۸]. در پژوهش‌های مشابهی که در این زمینه به استخراج ساختمان پرداخته‌اند، از تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک بالا و لایدار استفاده شده است که به دلیل وجود باند فروسرخ نزدیک در تصاویر، چالشی برای جداسازی ساختمان‌ها و درختان ایجاد نمی‌شود [۱۰-۹]. منصوری‌فر و همکاران در مقاله‌ای با استفاده از ماشین بردار پشتیبان در تحلیل های پیکسل مبنا و شیء مبنا به شناسایی ساختمان به کمک داده‌های لایدار و نوری پرداخته شده است [۱۱]. در این مقاله به‌منظور مقابله با عوارض متراکم و ساختمان‌های با سقف شیروانی، به استخراج ویژگی از تصویر هوایی و داده لایدار پرداخته و طی دو تحلیل شیء مبنا و پیکسل مبنا شناسایی ساختمان صورت گرفته است. در تحلیل شیء مبنا به دلیل استفاده از ویژگی‌هایی شامل شکل و ساختار، شناسایی رده ساختمان مطلوب‌تر انجام شد. در این مقاله در حین فرآیند طبقه‌بندی، ورود ویژگی‌های طیفی نظیر NDVI موجب کاهش دقت شده است که به دلیل نزدیک بودن مقادیر در نمونه‌های آموزشی، اختلاط در فضای بهینه‌سازی طبقه‌بندی را به همراه دارد. تحقیق حاضر با استفاده از یک مدل سلسله مراتبی و تصمیم‌گیری دانش مبنا به استخراج ساختمان پرداخته است. همچنین بدون استفاده از باندهای فروسرخ، با استفاده از ترکیب رنگی RGB و با استفاده از روش قاعده مبنای شیئ‌گرا به جداسازی درختان و

1-Photogrammetry
2-Pixel-Based
3 -Object-Based
4- Parcel

ساختمان‌ها اقدام می‌شود. در پایان به کمک برخی ویژگی‌های پس پردازشی اقدام به بهبود و بازیابی ساختمان‌ها می‌گردد. الگوریتم‌های رده‌بندی عوارض، در مناطق پیچیده شهری مانند منطقه مورد مطالعه که ساختمان‌ها در میان تراکم درختان و دارای سقف شیروانی و شیشه‌ای هستند با مشکلات بسیاری مواجه می‌باشند [۱۲].

## ۳- مبانی نظری تحقیق

با توجه به عملکرد نامناسب روش‌های پیکسل مبنا و تولید نتایج غیرواقعی، برای تصاویر با توان تفکیک بالا، روش‌های مبتنی بر شیئ معرفی شده‌اند. روش‌های رده‌بندی مبتنی بر شیئ، شامل بخش‌بندی و رده‌بندی می‌باشند. مجموعه‌ای از پیکسل‌های مجاور و مرتبط شیئ تصویری را ایجاد می‌کنند. پس از تولید اشیاء تصویری اقدام به تولید ویژگی‌های ساختاری و مفهومی برای هریک از اشیای تصویری می‌شود و سرانجام طی انجام مراحلی، عوارض مورد نظر رده‌بندی می‌شوند.

### ۳-۱- تحلیل تصویری شیئ مبنا

روش شیئ مبنا از خصوصیات و ویژگی‌هایی استفاده می‌کند که برای ذهن انسان قابل درک است. به‌طور کلی تحلیل شیئ مبنای تصویری به روشی اطلاق می‌شود که به بخش‌بندی تصاویر سنجش از دور و تبدیل آن به اشیای تصویری معنادار می‌پردازد و خصوصیات مکانی، طیفی و زمانی آن‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. روش‌های رده‌بندی شیئ مبنا توانایی بیشتری در مقایسه با روش‌های رده‌بندی سنتی پیکسل مبنا نشان داده‌اند. از جمله دلایل برتری روش شیئ مبنا نسبت به روش پیکسل مبنا می‌توان به امکان استفاده از قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالاتر داده‌های ورودی اشاره کرد. چرا که دست‌یابی به نتایج رضایت‌بخش در روش پیکسل مبنا، در شرایطی که داده منطقه مورد مطالعه دارای قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالایی باشد، دشوار است. روش‌های شیئ مبنا، نیازمند نمونه‌های آموزشی کمتری می‌باشند و این نیز از جمله مزایای دیگر این دسته از تحلیل‌های تصویری است.

### ۳-۲- ویژگی داده‌های مورد استفاده در تحقیق

با توجه به دسترسی به داده های لیزری و عوارض ساختمانی شیب‌دار در منطقه مورد مطالعه و به‌منظور جلوگیری از اختلاط رده‌های راه و ساختمان به دلیل شباهت در ویژگی‌های هندسی و طیفی، از داده‌های لیزری استفاده شد. به کارگیری ویژگی ارتفاعی در مناطق پیچیده شهری که ساختمان‌های با سقف شیب‌دار و درختان بلند دارند، به‌منظور شناسایی بهتر عارضه ساختمان، مناسب خواهد بود. بدین منظور استفاده از لایه شیب و جهت شیب و تولید آن توسط برنامه‌ای در نرم‌افزار MATLAB در دستور کار قرار گرفت.

#### ۳-۲-۱- ویژگی‌های استخراج‌شده از داده لایدار

داده‌های ارتفاعی در مناطق پرتراکم شهری با ساختمان‌های شیب‌دار و درختان بلند، برای شناسایی بهتر عارضه ساختمان مناسب است. همچنین عدم تأثیرپذیری از سایه و جابه‌جایی ارتفاعی، تولید مستقیم مدل رقومی رویه[1]، استفاده از داده‌ها در فرآیند زمانی کوتاه‌مدت، تراکم بالای نقاط برداشت‌شده در سطحی گسترده و هزینه به نسبت پائین از جمله مزایای سامانه لایدار در مقایسه با تصاویر هوایی می‌باشد. با انتخاب یک حد آستانه مناسب عوارض مرتفع که شامل درختان و ساختمان‌ها هستند شناسایی می‌شوند. با استفاده از ویژگی شیب و جهت شیب می‌توان ساختمان‌های با سقف شیروانی را استخراج کرد و تحلیل دقیق‌تری از پیچیدگی منطقه مورد مطالعه به عمل آورد. با توجه به ماهیت گسسته[2] و نامنظم برداشت لیزری، احتمال قرارگیری دقیق آن‌ها بر روی عارضه مورد نظر پایین است، لذا این داده منبع کاملی برای استخراج دقیق و صحیح عوارض نمی‌باشد. بنابراین به دلیل محدودیت‌های استفاده از تک منبع برای استخراج عوارض و برای جبران کاستی‌ها، از ترکیب و تلفیق با سایر داده‌ها استفاده می‌شود.

#### ۳-۲-۲- ویژگی‌های استخراج‌شده از تصویر هوایی

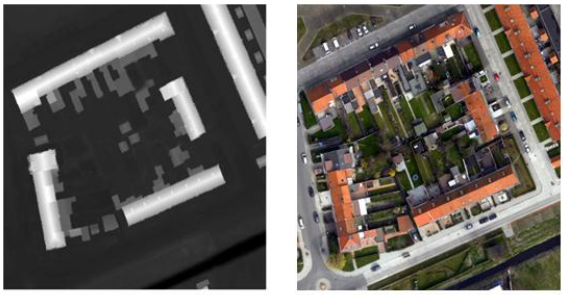
فضای ویژگی‌های استفاده‌شده شامل ویژگی‌های هندسی، طیفی و مفهومی است. به‌منظور استخراج ویژگی‌های هندسی و ساختاری ابتدا قواعدی که موجب می‌شود ساختمان از سایر عوارض متمایز شود شناسایی می‌شوند. نخستین ویژگی هندسی، ویژگی ابعاد ساختمان است. بنابراین، نسبت طول به عرض که به‌منظور تشریح مشخصه کشیده بودن اشیای خطی به‌کار می‌رود. چهار ویژگی هندسی دیگر نظیر شاخص مرز[3]، فشردگی[4] و عدم تقارن[5] به‌منظور تشخیص خصوصیات اشیای فشرده و جداسازی آن‌ها از اشیای خطی به‌کار می‌روند.

## ۴- مواد و روش تحقیق

تصاویر هوایی مورد استفاده در پژوهش حاضر مربوط به دوربین رقومی Ultra Cam D است که دارای ابعاد ۲۵۰۰×۲۵۰۰ پیکسل و توان تفکیک مکانی ۵ cm می‌باشد. این تصویر هوایی متعلق به بخش مناطق مسکونی شهر Zeebruges ، یکی از شهرهای کشور بلژیک

1- Digital Surface Model (DSM)
2- Discrete
3- Border Index
4- Compactness
5- Asymmetry

است که در موقعیت جغرافیایی "51°20'23 و "3°12′7 واقع شده است (شکل ۱). این تصویر قائم که توجیهات خارجی و داخلی آن نیز انجام شده است، تهیه شد و برای انجام تحلیل‌های مورد نظر و دست‌یابی به پارامترهای لازم و سرانجام ایجاد مجموعه‌ای از قواعد قابل اطمینان به‌منظور شناسایی ساختمان به‌کار گرفته شد.



ب الف

**شکل ۱- داده های به کاررفته در منطقه مورد مطالعه:**
**الف) تصویر هوایی ، ب) برداشت لیزری**

### ۴-۱- هم‌مرجع کردن داده‌ها

به‌منظور هم‌مرجع کردن داده لایدار با عکس هوایی قائم‌شده با استفاده از ۴۰ نقطه با پراکندگی و توزیع مناسب که بیشتر نقاط گوشه‌های ساختمان قابل تشخیص در تصویر لایدار بودند، داده‌ها به کمک تبدیل افاین و با دقت ۰/۳ در واحد پیکسل هم‌مرجع[1] شد.

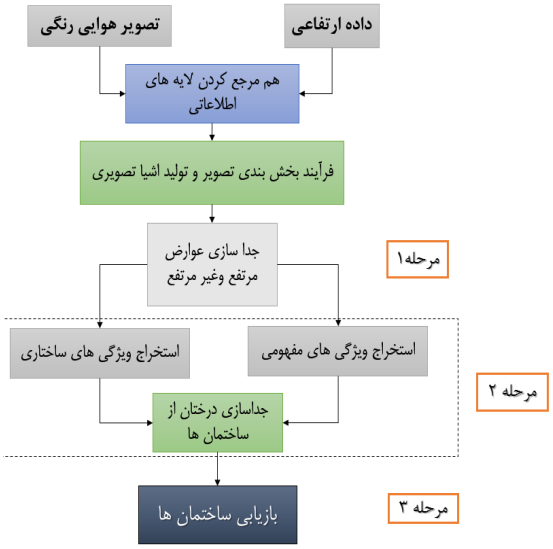
### ۴-۲- پیش‌پردازش داده‌ها

پیش‌پردازش داده‌ها، شامل آماده‌سازی داده‌های لایدار برای پالایش[2] و بهبود[3] داده‌های موجود و نیز بارزسازی[4] مکانی داده‌های تصویر ماهواره‌ای می‌باشد. با توجه به این‌که میان توان تفکیک داده لایدار و تصویر رنگی اختلاف وجود دارد و ممکن است تصویر رنگی از بافت بارزتری برخوردار باشد و همچنین نمایش بهتر و کاهش نویز، پالایه نرم‌کننده[5] گوسین با هسته ۳×۳ بر روی تصویر اعمال می‌شود. اکنون با توجه به اینکه اطراف ساختمان‌ها شیب به یک‌باره تغییر می‌کند می‌توان با اعمال پالایه‌هایی لایه جدیدی برای استخراج اطلاعات مورد نیاز ایجاد کرد. در این مرحله لایه DSM نرم تولید شده و سپس لایه شیب بر اساس DSM نرم‌شده تهیه می‌گردد. گام اساسی برای شناسایی ساختمان به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای مدل‌های شهری، شناسایی و تفکیک داده‌های ساختمانی از دیگر داده‌ها نظیر زمین، درختان و پوشش گیاهی است.

1- Co-Register
2- Filtering
3- Enhancement
4- Highlight
5- Smoothing

## ۵- پیاده‌سازی و آزمایش

در این بخش به تشریح فرآیند بخش‌بندی تصویر و پس از آن تفکیک مناطق مرتفع، طراحی و تشریح فضای ویژگی به‌منظور ایجاد تمایز میان رده عارضه ساختمان از سایر عوارض پرداخته می‌شود. همانطور که در شکل (۲) نیز مشاهده می‌شود بر اساس روند اجرا طی سه مرحله به شناسایی ساختمان‌های با شقف شیبدار پرداخته شده است. در این مراحل ابتدا پس از تفکیک‌پذیری میان عوارض مرتفع و غیرمرتفع به جداسازی درختان و ساختمان‌ها با تعریف ویژگی‌های ساختاری و مفهومی پرداخته می‌شود و در مرحله پایانی به‌منظور بازیابی ساختمان‌های از دست رفته و یا شناسایی نشده از روش های پس‌پردازش که در ادامه توضیح داده خواهدشد پرداخته می‌شود.




**شکل ۲- روند اجرای پژوهش**

### ۵-۱- بخش‌بندی تصویر

بخش‌بندی[6] فرآیندی است که طی آن پیکسل‌های تصویر با اعمال توصیف‌گر[7] به گروه پیسکل‌ها یا اشیای تصویری تبدیل می‌شوند. برای انجام فرآیند بخش‌بندی تصویر در روش پیشنهادی، پارامترهای مقیاس، وزن ناهمگنی طیفی ($W_{color}$) و شکلی ($W_{shape}$) و وزن نرمی ($W_{smooth}$) و فشردگی ($W_{compt}$) و نیز وزن باندهای طیفی بر اساس میزان ناهمگنی طیفی و ناهمگنی شکلی که تابعی از محیط و مساحت شیء مورد نظر است برای هر شیء محاسبه می‌شود. (روابط ۱ تا ۳).

$$f = w_{color}.\Delta h_{color} + w_{shape}.\Delta h_{shape} \quad (۱)$$

6- Segmentation
7- Descriptor

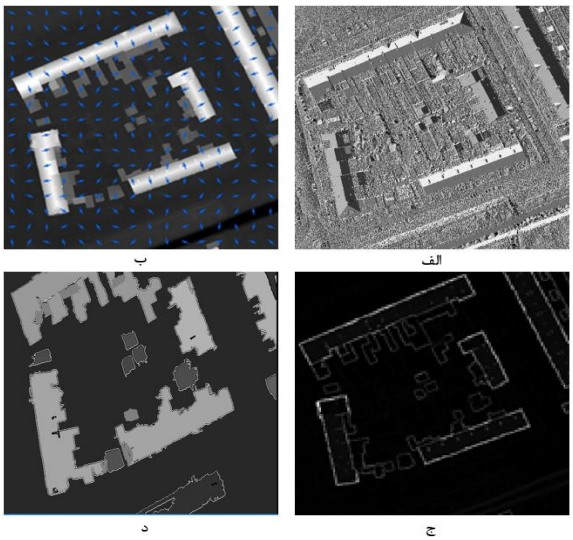
$$\Delta h_{shape} = w_{compt} \cdot \Delta h_{compt} + w_{smooth} \cdot \Delta h_{smoth} \quad (۲)$$

$$w_{color} + w_{shape} = 1$$
$$w_{compt} + w_{smooth} = 1 \quad (۳)$$

حداکثر وزن برای پارامترهای ناهمگنی شکلی (۰/۵) و برای نرمی (۰/۱) و حداقل وزن برای ناهمگنی طیفی (۰/۱) و برای فشردگی (۰/۱) در نظر گرفته شد. در این مرحله، انتخاب وزن پارامترها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

## ۵-۲- تفکیک مناطق مرتفع از غیرمرتفع

در مناطق مرز ساختمان تغییر شیب زیاد است و در مناطق همگن و مسطح شیب تغییر زیادی ندارد. لایه جهت شیب، که در آن هر پیکسل دارای مقادیر ۰ تا ۳۶۰ درجه است برای شناسایی عوارضی همچون راه که دارای جهت یکسان می‌باشند مناسب است (شکل ۳). رده بوته در مقایسه با رده راه و چمن تغییرات شیب بیشتری دارد. از طرفی دیگر، عوارض این رده از دو رده دیگر بیشتر است.




**شکل ۳- الف) لایه شیب، ب) لایه جهت شیب، ج) اعمال پالایه پایین‌گذر بر روی لایه شیب و شناسایی مرز ساختمان‌ها. د) تلفیق لایه فیلترشده و جهت شیب و شناسایی مناطق مرتفع.**

## ۵-۳- تعریف ویژگی‌های ساختاری و مفهومی

طراحی ویژگی‌ها بر مبنای معیارهای تفکیک رده ساختمان و غیرساختمان، اهمیت زیادی در غلبه بر تنوعات طیفی و هندسی و عدم اغتشاش میان رده‌ها دارد. بر این اساس، مدل پیشنهادی شامل سه مرحله می‌باشد. نخست، منطقه مورد نظر به دو دسته مناطق مرتفع و غیرمرتفع تفکیک می‌شود. سپس با استخراج ویژگی‌های ساختاری و مفهومی، دو رده ساختمان و درختان از یکدیگر تفکیک می‌شوند. در انتها نیز با استفاده از برخی از عملگرهای ریخت‌شناسی به بازیابی ساختمان‌های از دست رفته پرداخته می‌شود. روشن است که در منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود عوارض مرتفع نظیر درختان نمی‌توان در یک سطح بخش‌بندی همه ساختمان‌ها را در قالب یک شیئ قرار داد. بنابراین، باید مجموعه‌ای از ویژگی‌های ساختاری و مفهومی به‌منظور شناسایی مناطق ساختمان استفاده شود. به عنوان مثال ویژگی که برای این منظور طراحی شد نسبت فاصله مرکز ثقل شیئ به طول شیئ مورد نظر بود (رابطه ۴).

$$f_1 = \frac{Distance}{Length} \quad (۴)$$

در مرحله بعد هدف شناسایی و تفکیک اشیای رده ساختمان می‌باشد ویژگی زیر، متمایزکننده خصوصیات خطی اشیاء است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین برای تشریح مشخصه کشیدگی اشیای خطی از ویژگی رابطه (۵) استفاده می‌شود.

$$f_2 = \frac{Length}{Width} \quad (۵)$$

ویژگی ترکیبی بر اساس ویژگی فشردگی استفاده شد. این ویژگی میزان فشردگی هندسی شیئ را نمایش می‌دهد. که بر اساس رابطه (۶) از ضرب طول و عرض شیئ تقسیم بر تعداد پیکسل‌های شیئ ($N$) به‌دست می‌آید.

$$f_3 = \frac{Length \times Width}{N} \quad (۶)$$

مقدار این ویژگی در بازه ۰ تا ۱ است. در صورتی که شکل شیئ مورد نظر نزدیک به مستطیل باشد مقدار این ویژگی ۱ خواهد بود. به عنوان معیاری دیگر برای جداسازی ساختمان، مساحت شیئ تصویری بیرون مستطیل با مساحت قسمتی از مستطیل که توسط شیئ تصویری در بر گرفته نشده است مقایسه می‌گردد. برای این منظور شاخصی به عنوان شاخص مرز طبق رابطه (۷) تعریف می‌شود.

$$f_4 = \frac{e}{2(Length + Width)} \quad (۷)$$

در رابطه‌های فوق *Distance* ، *Length* و *Width* به‌ترتیب ، طول، عرض و $e$ طول مرز شیئ تصویری می‌باشند.

ویژگی دیگری که در این مرحله استفاده می‌شود، ویژگی عدم تقارن می‌باشد. به این ترتیب که یک بیضی به شیئ محاط می‌شود و ویژگی مورد نظر برابر با نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ بیضی است. طبق رابطه ۸ هرچه شیئ مورد نظر به شکل چهار ضلعی نزدیک‌تر و منتظم‌تر باشد، مقدار این ویژگی به سمت صفر میل می‌کند.

$$f_5 = 1 - \frac{minor\ axis}{major\ axis} \qquad (۸)$$

ویژگی‌های مفهومی شامل مجموع مرز مشترک با اشیای سایر رده‌ها و ۵ ٪ مرز مشترک با اشیای رده ساختمان می‌باشند.

## ۵-۴- تعیین حد آستانه به‌منظور تفکیک رده‌ها

برای تفکیک رده‌ها به کمک ویژگی از آستانه‌گذاری[1] استفاده می‌شود. حد آستانه‌های به‌کار رفته در این پژوهش برای هر رده مطابق جدول (۱) است.

**جدول ۱- ویژگی‌های سطوح آستانه‌گذاری**

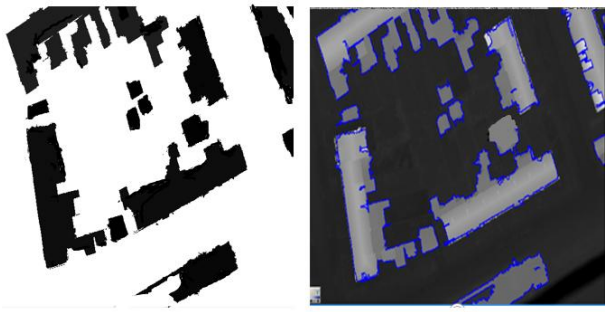
| رده | ویژگی | حدآستانه بیشینه | حدآستانه کمینه |
|---|---|---|---|
| ساختمان | $f_1$ | ۰/۷۱ | ۰/۳۰ |
| | $f_2$ | ۰/۹۰ | ۰/۱۰ |
| | $f_3$ | ۱/۰۰ | ۰/۷۵ |
| | $f_4$ | ۰/۸۸ | ۰/۴۵ |
| | $f_5$ | ۱/۰۰ | ۰/۱۶ |

به لحاظ ساختاری، ساختمان‌ها معمولاً فشرده و چند ضلعی می‌باشند [۶]. از جمله محدودیت‌های بزرگ در به‌کارگیری الگوریتم‌های شناسایی ساختمان در مناطقی مانند شهرهای پرتراکم، مشکل رده‌بندی مناطق پیچیده به لحاظ ساختار و طیف پرتوسنجشی[2] است. با افزایش پیچیدگی‌های موجود در یک تصویر، تعداد توصیف‌گرهای لازم برای شناسایی عوارض و به تبع آن توابع عضویت لازم برای معرفی عوارض و ویژگی‌های آن‌ها به سامانه رده‌بندی افزایش می‌یابد. به دلیل پیچیدگی نواحی شهری و تنوع عوارض، نیاز است برپایه نتایج اولیه رده‌بندی عوارض، پس‌پردازش-هایی برای بهبود شناسایی ساختمان طراحی و پیاده‌سازی شود. در روش پیشنهادی، به کمک ویژگی‌های مفهومی سعی در بهبود نتایج شده است.

1- Thresholding
2- Radiometric

## ۵-۵- پس‌پردازش

در روش آستانه‌گذاری برخی از درختان به عنوان ساختمان معرفی شده‌اند که علت آن بزرگی اختلاف پالس اولیه و نهایی سیگنال ارتفاعی بازگشتی است. برای حل این مشکل اشیائی که مقدار این اختلاف برای آن ها کمتر از ۰/۳۵ باشد به رده سایر عوارض تعلق داده می‌شوند. به‌منظور پس‌پردازش‌های لازم برای بازیابی ساختمان‌ها از عملگرهای ریخت‌شناسی همچون فرسایش[3]، و اعمال روش قاعده مبنا استفاده می‌شود. بنابراین در گام نخست از عملگر فرسایش با عنصر ساختاری ۵×۵ استفاده می شود. اثر اعمال عملگرهای فوق بر روی نتایج جداسازی ساختمان‌ها در شکل (۴) مشاهده می‌شود.



الف ب

**شکل ۴- الف) تفکیک ساختمان‌ها از سایر عوارض، ب) بازیابی ساختمان‌های ازدست رفته وبهبود بااعمال عملگرهای ریخت‌شناسی**

## ۶- ارزیابی نتایج

به‌منظور بررسی دقت و صحت عملیات، نتایج با نقشه واقعیت زمینی[4] مقایسه می‌شود. برای این منظور، نواحی به‌طور کلی به بخش‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱- نواحی از تصویر که ساختمان تشخیص داده شده و با واقعیت مطابقت دارد (*TP*).
۲- نواحی از تصویر که ساختمان نبوده و در خروجی نتایج نیز ساختمان معرفی نشده است (*TN*).
۳- نواحی از تصویر که ساختمان هستند ولی در تصویر خروجی مشخص نشده است (*FN*).
۴- نواحی از تصویر که ساختمان نبوده و در تصویر خروجی ساختمان تشخیص داده شده است (*FP*).

ماتریس ابهام و بخش‌های مورد نظر در جدول (۲) آمده است.

3- Erosion
4- Ground Truth

**جدول۲- راهنمای ماتریس ابهام**

| واقعیت | پیش بینی | |
|---|---|---|
| | True Psitive (*TP*) | False Negative (*FN*) |
| | False Positive (*FP*) | True Negative (*TN*) |

در پژوهش حاضر، استخراج ساختمان طی سه مرحله پیاپی انجام گرفت. جدول (۳) دقت روش های آستانه‌گذاری قبل و بعد از رده‌بندی را نشان می‌دهد. روش ارائه‌شده بدون استفاده از داده لیزری و نیز روشی که توسط منصوری‌فر [۱۱] بر پایه طبقه‌بندی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان در تحلیل پیکسل مبنا ارائه شده بود مقایسه گردید. نتایج حاکی از بهبود پارمترهای ارزیابی در روش پیشنهادی می‌باشد. همان‌طور که در جدول (۳) نیز مشاهده می‌شود، پارامترهای دقت روش‌ها مورد مقایسه قرار گرفته است.

**جدول ۳- مقایسه پارامترهای دقت روش‌ها**

| پارامترهای دقت | دقت کاربر | | دقت تولیدکننده | | ضریب کاپا | دقت کلی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| رده عوارض/ روش‌ها | رده ساختمان | سایر عوارض | رده ساختمان | سایر عوارض | | |
| روش پیشنهادی | ۰/۸۲ | ۰/۸۹ | ۰/۹۴ | ۰/۸۸ | ٪۸۲ | ٪۸۷/۲ |
| روش پیشنهادی بدون داده لیزری | ٪۷۰ | ٪۷۳ | ٪۷۲ | ٪۷۵ | ٪۷۶/۵ | ٪۷۱ |
| روش (۱۱) | ٪۸۷ | ٪۷۶ | ٪۷۹ | ٪۸۶ | ٪۸۰ | ٪۸۳ |

## ۷- نتیجه‌گیری

پدافند غیرعامل از مهم‌ترین رویکردها و راهبردها در حوزه مدیریت بحران شهری می‌باشد. ایمنی و امنیت از دیرباز تاکنون در برنامه‌ریزی و مدیریت سکونتگاه‌های شهری مورد توجه بوده است. در این میان، پدافند غیرعامل را نیز مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای می‌دانند که موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها و تأسیسات شهری و تجهیزات و شریان‌های شهری و منطقه‌ای در مقابل عملیات خصمانه و مخرب دشمن می‌گردد. فراهم کردن پایگاه اطلاعاتی از طریق شناسایی ساختمان‌های شهری با استفاده از داده‌های دورکاوی و لیزری و تفکیک هریک از کاربری‌ها در گام‌های بعدی، می‌تواند در شناخت بهتر مناطق شهری به‌منظور تصمیم‌گیری مناسب در مواقع بحرانی بسیار حائز اهمیت باشد. در تحقیق حاضر از روش شیء مبنایی برای شناسایی ساختمان‌های شهری توسط تلفیق داده‌های نوری و لیزری استفاده شد. در روش شیء مبنا با توجه به توان تفکیک بالای عوارض و بخش‌بندی بهینه، نتایجی اطمینان پذیرتر حاصل می‌شود. تلفیق دو دسته داده ورودی (نوری و لیزری) در سطح تصمیم‌گیری منجر به بهره‌مندی از مزایای هردو داده می‌شود و هرکدام از آن‌ها می‌تواند مشکلات یکدیگر را پوشش دهند. با توجه به هدف مورد نظر که شناسایی ساختمان‌های کشیده و شیب‌دار مطرح بود، به‌منظور جلوگیری از اختلاط و مشابهت‌های رده‌های راه و ساختمان در ویژگی‌های هندسی، از داده‌های لایدار استفاده شد. بنابراین با توجه به عدم امکان در نظر گرفتن ویژگی طیفی با توجه به تعداد باندهای تصویر هوایی، ویژگی ارتفاعی داده لایدار نقش بسیار مهمی را برای پالایش عوارض مرتفع و غیرمرتفع ایفا می‌کند. در صورتی که فرآیند بخش‌بندی در روش تحلیل شیء مبنا به درستی انجام شود نسبت به سایر روش‌ها دقت بالاتر و نیاز به پس‌پردازش کم‌تری خواهد داشت. همان‌طور که در روند این مقاله نیز بررسی شد، با در نظر گرفتن سطوح مناسب مقایسه، می‌توان اغتشاشات در رده‌بندی را کمینه کرد و اعتماد به نتیجه نهایی را افزایش داد. به‌منظور کاهش عامل انسانی و افزایش سطح خودکارسازی می‌توان امکان فرآیند تولید نمونه‌های تعلیمی را توسط روش‌های بدون نظارت نظیر روش سلسله مراتبی یا خوشه بندی انجام داد.

## ۸- مراجع


1. A. Antonarakis, K. S. Richards, and J. Brasington, "Object-based land cover classification using airborne LiDAR," Remote Sensing of Environment, vol. 112, pp. 2988-2998, 2008.
2. B. Waske and M. Braun, "Classifier ensembles for land cover mapping using multitemporal SAR imagery," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 64, pp. 450-457, 2009.
3. F. Samadzadegan, B. Bigdeli, and P. Ramzi, "A multiple classifier system for classification of LIDAR remote sensing data using multi-class SVM," in Multiple classifier systems, ed: Springer, pp. 254-263, 2010.
4. S. A. Mumtaz and K. Mooney, "A semi-automatic approch to object extraction from a combination of image and laser data," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 38, pp. 53-58, 2009.
5. M. Awrangjeb, M. Ravanbakhsh, and C. Fraser, "Automatic detection of residential buildings using LIDAR data and multispectral imagery," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 65, pp. 457-467, 2010.
6. Y. Ansari, "Comparison and analysis of the building detection and extraction algorithms from LiDAR data," M.Sc Thesis, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran, 2012.
7. W. Zhou and A. Troy, "An object-oriented approach for analysing and characterizing urbanLandscape at the parcel level Remote Sensing," vol. 29, pp. 3119-3135, 2008.
8. M. Pal and P. Mather, "Support vector machines for classification in remote sensing," International Journal of Remote Sensing, vol. 26, pp. 1007-1011, 2005.

9. N. Ekhtari, M. J. Valadan Zoej, M. R. Sahebi, and A. Mohammadzadeh, "Automatic building extraction from LIDAR digital elevation models and WorldView imagery," Journal of Applied Remote Sensing, vol. 3, no. 1, 2009.
10. C. Hopkinson, L. Chasmer, C. Gynan, C. Mahoney, and M. Sitar, "Multisensor and multispectral LiDAR characterization and classification of a forest environment," Journal of Applied Remote Sensing, vol. 42, no. 5, pp. 501-520, 2016.
۱۱. منصوری فر، ندا، محمدزاده، علی، مختارزاده، مهدی، ولدان زوج، محمدجواد، شناسایی ساختمان ها از داده های لایدار و نوری با استفاده از ماشین بردار پشتیبان در تحلیلهای پیکسل مبنا وشیءمبنا، نشریه علمی پژوهشی نقشه برداری دوره چهارم، شماره۲، ۱۳۹۳.
12. S. Morsy, A. Shaker, A. El-Rabbany, and P. E. LaRocque, "Airborne multispectral lidar data for land-cover classification and land/water mapping using different spectral indexes," SPRS Ann. Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Science III-3, pp. 217-224, 2016.

# Knowledge-Based Building Detection by Means of Integrating Satellite Images and Laser Data

**A. Arab Saeidi, A. Malian***

## Abstract

One of the applied studies in the field of object-based analyses is the extraction of urban features. Buildings are one of the most important urban features in large scale maps, so the process of identifying and extracting these features is especially important in the location-based processes of the passive defense. Due to the variety of spectral and geometric properties of these types of features, their identification in different study areas is associated with some problems. In this study, using an object-based analysis and extracted features from laser data and aerial photos to identify buildings with a sloping roof are discussed. In the first step, after the segmentation process, the separation of high and non-complicated features is done using the slope and gradient direction. In the next step, by extracting the geometric and conceptual features, the separation of trees and buildings from each other is done. In the final step, the reconstruction of the lost buildings is performed by morphological operators. The combination of two categories of input data at the decision level leads to benefits from the characteristics of both data, and each of them can cover other problems and shortcomings. In the proposed method, a rule-based strategy is based on the production of geometric and conceptual features and the use of a multi-stage approach. Finally, the overall accuracy of the building category identification is 87%, and the kappa coefficient is 81%. The results demonstrate the high capability of object-based methods to identify urban features, such as buildings, by combining Lidar data and aerial photos despite the diversity of urban environments.

**Key Words:** *Building Identification, Aerial photograph, Lidar, Geometric and conceptual characteristics, Object-based analysis*

* Shahid Rajaee Teacher Training University - (a.malian@sru.ac.ir) - Writer-in-Charge